

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ СОСТОЯНИЙ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА ТИТАНА С ЭФФЕКТАМИ ПАМЯТИ ФОРМЫ

Макаров В.В., Куранова Н.Н., Окулов А.В.

Руководитель – проф., д.ф.-м.н., Пушин В.Г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена
Трудового Красного Знамени Институт физики металлов Уральского
отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург

makarov@imp.uran.ru

Методами просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии высокого разрешения, рентгеновской дифрактометрии были выполнены исследования физико-механических свойств, структуры и фазовых превращений наноструктурных сплавов на основе TiNi. Установлено, что в зависимости от условий мегапластической деформации (МПД) и последующей термообработки сплавы можно получить в субмикрористаллическом, нано-, и в аморфизированном состоянии.

Одним из перспективных способов получения сплавов никелида титана в высокопрочном состоянии являются технологии пластической деформации, такие как прокатка, ковка, волочение, прессование совместно с термообработкой. Накопленные большие степени пластической деформации в сочетании с термообработкой позволяют получить сплавы никелида титана в высокопрочном наноструктурном состоянии.

Стабильные по отношению к деформационно-индуцированным мартенситным превращениям B2-аустенитные сплавы были получены в нанокристаллическом состоянии со средним размером зерна от 10 до 100 нм. Показано, что в сплавах, находящихся в исходном метастабильном аустенитном или мартенситном состояниях, МПД обеспечивала аморфизацию. Последующий нагрев, начиная от 200°C, привел к кристаллизации сплавов с контролируемым размером зерна уже в интервале 50-200 нм. Установлено, что нано- и субмикрористаллические сплавы Ti-Ni испытывали практически те же термоупругие мартенситные превращения (ТМП): $B2 \leftrightarrow R$, $B2 \leftrightarrow B19$, $B2 \leftrightarrow B19'$. Однако в сплавах до- и эквиатомного состава, как и заэквиатомных, имело место ступенчатое прямое и обратное превращение по схеме $B2 \leftrightarrow R \leftrightarrow B19'$. При этом обнаруживается наноразмерный эффект для ТМП $B2 \leftrightarrow R$ и $R \leftrightarrow B19'$, в зернах размером менее 15-20 нм B2-аустенит не испытывает ТМП при охлаждении. Температуры второго перехода $R \leftrightarrow B19'$ снижались в зависимости от их размера, вплоть до 50 нм., ниже которого не наблюдались термоупругие мартенситные

превращения. Это позволяет регулировать критические температуры реализации данных превращений, обеспечиваемых ими эффектов памяти формы, варьируя режимы деформации и, если необходимо, последующих термообработок. Данное явление определяет возможность получения высокопрочных нанокристаллических сплавов на основе никелида титана с баро- и термоупругими эффектами памяти формы.

По результатам проведенных исследований были построены диаграммы термоупругих мартенситных превращений в исследуемых сплавах в зависимости от среднего размера зерен в пределах от 30-50 мкм до наноразмеров 10-20 нм. Наноструктурные сплавы никелида титана отличаются высокими значениями механических свойств (прочности, пластичности, реактивного сопротивления, обратимой деформации) и высокой термостабильностью наноструктурного состояния вплоть до температур испытания 400°C.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 14-02-00379 и проекта Президиума РАН 12-П-2-1060.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Пушин В.Г., Прокошкин С.Д., Валиев Р.З. и др. Сплавы никелида титана с памятью формы. Ч. I. Структура, фазовые превращения и свойства. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2006. 440 с.
2. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы. М.: Академкнига, 2007. 340 с. Ссылка на источник №2
3. Пушин В.Г., Кондратьев В.В., Хачин В.Н. Предпереходные явления и мартенситные превращения. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 368 с.
4. Хачин В.Н., Пушин В.Г., Кондратьев В.В. Никелид титана: структура и свойства. М.: Наука, 1992. 108 с. Ссылка на источник № N